

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 エルナガー ザカリア

本論文は「Modeling of Waves, Currents and Sediment Transport in the Nearshore Zone (海浜域における波・流れ・底質移動のモデリング)」なる題に表されるとおり、沿岸海浜域において顕著な波の浅水・砕波変形、質量輸送や戻り流れを含む流れ場、および波・流れの下での底質移動のそれぞれについて、現象の定式化を行うとともに、それに基づく数値モデルによって計算を行い、実験データとの比較によりモデルの妥当性を検証せんとしたものである。論文は3部、延べ8章から構成されている。

第1章は緒論であり、本研究で対象とする現象を明示するとともに、研究の目的と論文の構成を述べている。

第2章から第4章までの第1部では、波の浅水・砕波変形の定式化と数値モデルを扱っている。この波のモデルの基本は本研究において新たに導かれた強非線形の Boussinesq 型方程式であり、非線形性と分散性の両者、ならびに乱流応力項を陽的に含んでいる点で、これまでの同種の方程式より優れている。このため砕波変形に関しても、従来のいわば半経験的な砕波減衰項や運動量拡散項を用いず、代わりに上記の乱流応力項の算定に渦動粘性の概念を導入し、その渦動粘性係数の算出を岸沖1次元の非定常1方程式乱流モデルによる乱れエネルギーの時空間変化をとおして、より直接的に行なっている点が高く評価できる。なおこの波のモデルでは移動汀線境界スキームを導入することにより遡上域の波運動をも扱えるようになっている。

数値計算には安定性の高い高次の予測子・修正子法を採用している。非砕波の条件での構造物周辺における波の変形（浅水・屈折・反射・打上げ）や、斜面上での砕波変形等に関して数値計算を行い、解析解や実験データとの良好な一致が得られることを確認できた。

第2部は、底面振動流境界層内の底質移動を扱った第5章と、砕波帯近傍で岸沖方向鉛直断面内の流速場と底質移動を扱った第6章からなる。前者においては、線形化した運動量方程式と1方程式乱流モデルを組み合わせ、水平床上の境界層内の流速や剪断応力の時空間変化を求め、さらに底質の浮遊濃度についても時空間変化を計算して、実験データとの比較により本モデルの相当の有効性を確認している。

一方後者（第6章）においては、先ず砕波帯内外の流速場（周期成分と定常成分）を比較的簡便でかつ精度良く算定するために、第1部で提案された波のモデル（水平1次元）を、鉛直1次元の運動量式および1方程式乱流モデルと結合することを提案し、かつその考えに基づく数値モデルを構築した。次いで、この波・流れ結合数値モデルにより、plunging型とspilling型の2種の砕波形態に対して、乱れエネルギーと波動流速の時空間変化や戻り流れ流速の空間分布を計算し、流速変化については実測データとの比較を行なった。これらの比較により、本結合モデルが砕波帯内外の流速場を極めて精度良く再現することが確認されるとともに、砕波形態の相違が、流速や乱れエネルギーの時空間分布に大きな影響を及ぼすことがあらためて示された。さらにこれら外力の計算結果を用いて、砕波帯内の浮遊砂濃度の時空間分布をも求めて妥当な結果を得ている。

第3部は第7章一つからなる。ここでは、振動流下のシートフロー漂砂における底質濃度の時空間分をより精度良く算定するために、2相流モデル（固体底質相と流体相）が適用されている。同様の2相流モデルについては幾つかの研究が既になされているが、本研究ではこれら従来のモデルのレビューで見出された欠点（底質粒子間応力の式、底質・流体間応力の式、計算の安定性など）に改良が加えられている。底質粒子の浮遊濃度や移動速度などの時空間変化は、実測データとこれまで以上の一致度を見せ、本モデルの妥当性が確認された。

第8章の結論では、本研究の成果のまとめと今後の研究への提言が記述されている。

上記のように本研究は、いわゆる海浜過程の中でも代表的な3つの素過程、波・流れ・底質移動のそれぞれに対して、極めて信頼性の高い数理モデルを開発したものであり、それら自身が実用的なツールとしての意義をもつのみならず、今後の研究の進展にも寄与するところが大きい。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。